

LandPuck™-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige

The LandPuck™-system's economic competitiveness compared to planting of pine in northern Sweden



Foto: Ragna Wennström

Ragna Wennström



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2014:15

LandPuck™–systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige

*The LandPuck™-system's economic competitiveness compared to
planting of pine in northern Sweden*

Ragna Wennström

Nyckelord / Keywords:

LandPuck, såddpuck, skogsföryngring / *LandPuck, såddpuck*

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i biologi / *Master degree thesis in Forest Biology*

EX0705, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Urban Bergsten

SLU, Inst för skogliga biomaterial och teknologi / *SLU, Dept of Forest Biomaterials and Technology*

Extern handledare / *External supervisor*: Stefan Mattsson, Sveaskog

Examinator / *Examiner*: Anders Jäderlund

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

1. Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng på avancerad nivå. Det har skrivits vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel vid fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Examensarbetet har utförts i samarbete med Sveaskog som även bidragit med finansiellt stöd.

Jag vill rikta ett stort tack till de personer som hjälpt mig att genomföra och färdigställa mitt examensarbete. Anders Landström (Lapland Design AB), mannen bakom pucken. Tack till samtliga entreprenörer och plantörer som utförde sommarens plantering. Tack Arto Hiltunen (Sveaskog, Tärendö) som lade ut försöken i Lamavaara och Ravsujärvi på ett smidigt och mycket tydligt sätt. Även tack till Anders Boldtrup och Ulf Nilsson (Sveaskog, Älvsbyn) och Simon Albertsson (Sveaskog, Storuman-Lycksele) som haft hand om planteringarna i respektive område och som även hjälpt mig med information om objekten. Tack alla ni andra på Sveaskogskontoret i Lycksele för sommaren och för pepp och stöd.

Tack Ulfstand Wennström (Skogforsk) som hjälpt mig med att bidra med resultat från tidigare studier av LandPucken samt svarat på frågor kring puckar, förädling, frön, plantor och statistik. Ett stort tack till mina handledare, Stefan Mattsson (Sveaskog) och Urban Bergsten (SLU) för snabba svar med tankvärda tips och idéer. Även ett stort tack till min examinator, Anders Jäderlund (SLU).

Umeå den 23 februari 2014

Ragna Wennström

2. Sammanfattning

Målsättningen med detta arbete var att ta fram ett kunskapsunderlag för att bedöma konkurrenskraften för LandPuck™-systemet gentemot den konventionella metoden med plantering av 1-åriga täckrotsplantor. LandPucken består i huvudsak av en komprimerad torvbrikett/puck med ett frö. Effektmål i studien var att (i) kvantifiera plantbildning för LandPuck under planteringsåret (försök på sex lokaler under 2013, inkluderande jämförelse med konventionell plantering av täckrotsplantor), (ii) undersöka planteringsdjupets inverkan på plantbildningen (en lokal, försök anlagt 2013), (iii) kvantifiera överlevnad och tillväxt över sex år (fyra lokaler med försök anlagda 2012; en lokal med försök anlagt 2008) samt att (iv) skatta föryngringskostnader för LandPuck-systemet.

I cirka 67 procent de LandPuckar som planterades år 2013 hade fröet grott och bildat en planta. Plantering i mineraljordsfläckar gav cirka 10 procent högre plantbildning än i humus. Plantbildningen varierade mellan olika lokaler, från 53 till 83 procent. Det fanns ingen signifikant skillnad i plantbildning mellan olika resultatområden inom Sveaskog. Cirka 96 procent av de täckrotplantors som planterades 2013 överlevde första sommaren. Plantering av LandPuck på mellan två till fyra centimeters djup var att föredra, med en plantbildning på 73 procent. I försök planterade 2012 hade grodda plantor en överlevnad på 77 procent till året därpå. I ett annat försök (utlagt av Skogforsk i Sävar men inventerat inom examensarbetet) var plantbildning och överlevnad högre. Plantbildningsprocenten år ett var 77 procent och 91 procent av dessa hade överlevt till år fyra (dvs. 70 procent av de planterade puckarna hade då en levande planta). Skillnad i avgång från år fyra till år sex i detta försök var endast 0,2 procentenheter.

Med ett mål på 1700 plantor per hektar fyra år efter plantering gjordes en jämförelse mellan LandPuck-systemet och plantering med ettåriga täckrotsplantor (Starpot 50 och SvepotAir 30). Kostnad för manuellt planteringsarbete uppskattades vara densamma för LandPuck-systemet som för plantering med ettåriga täckrotsplantor (det finns ännu inga planteringsrör anpassade för LandPuck-systemet). Med en kostnad på 40 öre per puck, en plantbildning på 65 procent och en överlevnad på 77 procent mellan år ett till fyra beräknades föryngring med LandPuck kosta ca 3500 kronor per hektar (jämfört med Starpot 50: 4500 kr/ha och SvepotAir 30: 4000 kr/ha). Om plantbildningen kunde vara 75-procent skulle föryngringskostnaden bli knappt 3300 kronor per hektar. Om kostnaden per puck kunde reduceras till 30 öre, och med en plantbildning på 75 procent, borde de totala föryngringskostnaderna kunna reduceras med cirka 1500 kronor per hektar jämfört med Starpot 50, och 1000 kronor per hektar jämfört med SvepotAir 30 vid manuell plantering.

En förutsättning för lönsam plantering med LandPuck är att det finns speciellt anpassade och fungerande planteringsrör. Om sådana utvecklas borde kostnaden för planteringsarbetet bli lägre än i den presenterade kalkylen. I framtiden kan man även tänka sig att mekaniserad puckplantering är möjlig, vilket skulle kunna höja LandPuckens ekonomiska konkurrenskraft ytterligare. För fortsatta analyser bör även tillväxt på lång sikt inkluderas i jämförelsen mellan olika system.

3. Abstract

The aim of this work was to develop a knowledge base for assessing the LandPuck™-system's competitiveness against the conventional method of planting 1-year old containerised seedlings. A LandPuck consists of a compressed peat-briquette and a seed. Objectives of the study were to (i) quantify the seedling emergence in LandPucks during the planting year (experiments on six sites in 2013), (ii) examine impact on emergence of different planting depths (one site, 2013), (iii) quantify survival and growth over six years (four sites, planted in 2012; one site planted in 2008) and (iv) to estimate regeneration costs for the LandPuck-system.

Approximately, 96 percent of the containerised seedlings planted in 2013 survived the first summer. This is compared with the 67 percent of the LandPucks planted in 2013 which resulted in pucks with emerged seedlings. Planting in mineral soil gave 10 percent higher seedling emergence than planting in humus. Emergence varied between sites, from 53 to 83 percent. There was no significant difference in seedling emergence between various regions within Sveaskog. A planting depth of LandPucks between two to four centimetres was preferable, with a seedling emergence of 73 percent. At sites planted in 2012, about 77 percent of the pucks with emerged seedlings in 2012 had seedlings also in 2013. At another site (planted by Skogforsk in Sävar 2008 but inventoried within this thesis) seedling emergence was also 77 percent and 91 percent of the seedlings had survived at the age of four (i.e. four years after planting date, 70 percent of the planted pucks had a viable plant). Difference in mortality from year four to year six was only 0.2 percentage units.

With a goal of 1700 living plants per hectare four years after planting, an economic comparison between using the LandPuck-system, and planting with containerised seedlings (Starpot 50 or SvepotAir 30) was made. Cost of planting work was estimated to be similar for the LandPucks as for planting using containerised seedlings (there is yet no planting tool developed for the LandPuck). With a cost of 0.40 SEK/puck, a seedling emergence of 65 percent and a survival rate of 77 percent between years one to four, regeneration with LandPucks was analysed to cost about 3500 SEK per hectare (compared to Starpot 50: 4500 SEK/ha and SvepotAir 30: 4000 SEK/ha). Seedling emergence of 75 percent would give a cost of ca 3300 SEK per hectare. If the price of a LandPuck is reduced to 0.30 SEK and with a seedling emergence of 75 percent, the overall regeneration costs should be reduced with 1500 SEK per hectare compared to using the Starpot 50 and with 1000 SEK per hectare using SvepotAir 30.

A prerequisite for a future use of the LandPuck-system is that suitable planting tools are developed. One can also foresee future possibilities with mechanized planting of LandPucks that would improve the economic competitiveness of the LandPuck-system even further. For further analyses, long-term growth should be included in the comparison of different systems.

Innehållsförteckning

1. Förord.....	3
2. Sammanfattning	4
3. Abstract	5
4. Inledning	7
4.1 Bakgrund	7
4.2 Syfte och målsättning	10
4.3 Hypotes	10
5. Material och metoder	11
5.1 Plantbildning av LandPuck och överlevnad för täckrotsplantor under planteringsåret....	11
5.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck	12
5.3 Överlevnad i Sveaskogs försök planterat 2012	13
5.4 Överlevnad och tillväxt i Skogforsks försök i Sävar anlagt 2008	14
5.5 Kostnadsanalys.....	14
5.6 Statistisk analys	15
6. Resultat.....	16
6.1 Plantbildning/överlevnad av LandPuck och täckrotsplantor under planteringsåret	16
6.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck	18
6.3 Överlevnad i Sveaskogs försök planterat 2012	20
6.4 Överlevnad och tillväxt i Skogforsks försök i Sävar anlagt 2008	21
6.5 Kostnadsanalys.....	22
7. Diskussion	24
7.1 Plantbildning/överlevnad av LandPuck och täckrotsplant under planteringsåret	24
7.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck	25
7.3 Överlevnad och höjdtveckling	26
7.4 Kostnadsanalys.....	26
7.5 Behov av ytterligare studier	27
7.6 Slutsatser	28
8. Referenser	29
9. Bilaga 1. Beskrivning av ingående lokaler på Sveaskogs marker	33
10. Bilaga 2. Frömaterial vid plantering av LandPuck 2013.....	34

4. Inledning

4.1 Bakgrund

De vanligaste föryngringsmetoderna vid trakthyggesbruk i den boreala skogen är plantering, naturlig föryngring och sådd. Plantering med täckrotsplantor är den dominerade metoden (Fries et al. 2013). Det är dock en dyr metod med förhållandevis höga kostnader för plantor och planteringsarbete (Håkansson, 1998). Plantering ger ett försprång i tillväxt med cirka två till tre år jämfört med direktsådda frön, vilket vid ett lyckat resultat och konventionellt förband, kan motivera den högre kostnaden (Wennström et al. 2007).

Sådd och naturlig föryngring lämpar sig bäst på marker med måttlig vegetationskonkurrens och medelgrov textur, ex. sandig-moig morän (Hallsby, 2008). För ett lyckat resultat vid naturlig föryngring av tall är man beroende av ett bra kottår, som i Sverige normalt sett infaller i intervall på mellan två till fem år, i nordligaste Sverige med något längre intervall (Wennström et al. 2008). Tall behöver en temperatursumma på över 975 dygnsgrader för att få en bra frömognad (Almqvist et al. 1998). I Norrlands inland är därför frömognad en begränsande faktor som försvårar möjligheterna till naturlig föryngring (Alfjorden & Remröd, 1975). På bördiga marker måste det nya beståndet få en snabbare start för att klara av den större konkurrensen från annan vegetation, varför plantering är bättre lämpat för dessa marker (Hallsby, 2008).

Omkring 25 procent av den totala årliga föryngringsarealen kan anses vara möjlig mark för tillämpning av sådd som föryngringsmetod (Rasmusson, 1978). Faktorer såsom vatten- och temperaturbetingelser, näringsförhållanden, predation och patogener samt konkurrens med annan markvegetation har stor påverkan på resultatet efter plantering och sådd. För att uppnå ett lyckat föryngringsresultat krävs att man i stor utsträckning minimerar risken för negativ påverkan från dessa faktorer. Stora variationer mellan år och områden gällande exv. temperatur, nederbörd, snö, frost och predation gör att resultatet från en föryngring kan variera kraftigt (Winsa, 1995; Goulet, 2000; Oleskog, 2000; Nilsson, 2001; Erefur 2010).

Genom att föryngra med sådd kan utgifterna för föryngring reduceras med 50 procent jämfört med plantering med täckrotsplantor, vid ett mål på 2000-2500 plantor per hektar efter fyra år (Hannerz, 1995). Om målet istället är 5000 plantor per hektar efter fyra år kan kostnaderna reduceras till en tredjedel genom sådd (Wennström et al. 1999). Sådda plantor har ett bättre utvecklat rotsystem, bättre stabilitet och mindre rotdeformation än planterade täckrotsplantor (Lindström & Rune 1999). Vid en plantering räcker det dock med ca 3000 frön för att odla fram plantmaterialet till en hektar, medan det vid en skogssådd behövs ca 40 000- 60 000 frön (Wennström, 2011). Eftersom man vid skogssådd har en betydligt högre fröåtgång än vid plantering (Wennström, 2001) används det bästa fröet, ofta plantagefrö, till plantproduktion och billigare beståndsfrö till skogssådd (Almqvist et al. 2010; Sjögren, 2011). Idag skördas frön från första och andra generationens fröplantager. En förädlad planta från dessa förväntas växa cirka 9-21 procent bättre än en planta från naturlig föryngring. Tredje generationens fröplantage är på tillväxt, dessa förväntas höja tillväxten ytterligare (Almqvist et al. 2010; Sjögren, 2011). Dagens fröplantager är dimensionerade för plantodling och förväntas inte täcka det ökade behovet av frö som

följer med större andel sådd mark (Sjögren, 2011). Därför är en ekonomiskt tilltalande lösning för att kunna nyttja förädlingsvinster att blanda plantage- och beståndsfrö vid skogssådd (Wennström, 2001). Studier har visat att ett sått plantagefrö av tall har högre plantuppslag (12-41 procent), överlevnad (8-48 procent) och höjdtillväxt (13-40 procent), än ett beståndsfrö (Wennström et al. 2001 & 2007).

Då nederbörden ofta kommer oregelbundet under sommaren är det viktigt att öka förutsättningarna för att groende frö ska få tillgång till vatten via kapillärt bundet markvatten och i viss utsträckning även dag. Detta åstadkommer man bland annat genom att avlägsna lagret med organiskt material och exponera mineraljorden (Winsa, 1995). Mikropreparering av mineraljordsytan (komprimering med redskap som ger ett våffelliknande mönster), exv. vid konventionell radsådd i harvspår i kombination med frön av hög kvalitet, har visat sig väsentligt höja plantbildningen vid sådd (Winsa & Sahlén, 2001). Så stor del av fröets yta som möjligt bör vara i kontakt med jord och fukt, därför kan viss nermyllning vara att föredra. Mikropreparering ger bättre frö-substrat kontakt och bättre skydd mot uttorkning genom evapotranspiration. I och med att jorden i botten av planteringspunkten blir komprimerad ökar även kapillariteten (Winsa, 1995). Olika polymerer som fungerar som hydrogeler har även prövats för att förbättra fuktbetingelser och plantbildning. De är vanligen inblandade med jorden, ev. som vekar, och inte avsedda att utgöra ett täckande lager på fröet. Hydrogelen kan öka kapillär stigning av vatten och vattenbevarande förmåga i jord (Hadas, 1970; Pamuk, 2004). Mängden vatten som ett frö behöver för sin groning är mycket liten. Det skulle därför vara möjligt att skicka med en "vattenryggsäck" vid skogssådd exv. genom att vattnet är bundet till något ämne, ex torv (Sundin, 2009). Andra polymerer kan användas för att hämma vattenupptaget hos frö vid höstsådd för att minska risken för frysskador och man skulle på så vis möjliggöra höstsådd (Pamuk, 2004).

Uppfrysning under framförallt senhöst och tidig vår kan vara ett problem vid föryngring, både vid plantering och sådd. Vatten stiger kapillärt och skapar isnälsliknande formationer av vattenkristaller på markytan, s.k. pipkrake. Detta fenomen kan skada eller slita av rötterna på de små och känsliga groddplantorna, eller trycka upp täckrotsplantor ur marken. Jordar som innehåller mycket finmo, mjåla eller högförmultnad torv är extra uppfrysningsbenägna (de Chantal et al. 2006). Ett humustäcke isolerar marken och kan även bryta den kapillära stigningen av vatten och på så sätt minska risken. Blottlagd mineraljord kan alltså, samtidigt som den förbättrar plantbildning, innebära en ökad risk för uppfrysning.

Det har gjorts många försök att utveckla skogssådd som metod, genom att föra med substrat eller annat material, för att åstadkomma mer kostnadseffektiv skogsföryngring. Under 70- och början på 80-talet testades bland annat konsådd, trattsådd och den s.k. Hälleforsplattan. Vid konsådd skyddas fröna från predation och ges en bra groningsmiljö genom att en 8 centimeter hög plastkon placeras ovanpå groningspunkten (Hagner & Sahlén, 1977). Fröåtgången kunde reduceras med cirka 80 till 85 procent. Däremot kostade metoden ungefär lika mycket som plantering, samtidigt som man fick mer ojämna resultat. Trattsådd innebär att 4-6 frön sås i en dubbel kon som trycktes ner i jorden (Hagström, 1980). En av fördelarna var att metoden inte krävde markberedning. I försök visade sig metoden vara relativt lyckad men vid praktisk tillämpning blev resultaten inte tillräckligt bra och metoden upphörde i slutet 1980-talet. En plastbeklädd såddplatta av komprimerad torv, den så kallade Hälleforsplattan (10x10x1 cm), innehållande 5-15 fröer, var ytterligare

ett försök till metodutveckling (Hultén & Sahlén, 1977; Remröd, 1971). Såddplattan gav dock ingen större skillnad i föryngringsresultat jämfört med konventionell sådd. Man hade även problem med skadedjur som åt upp fröerna, eller vände på plattorna för att leta mask och insekter. I sen tid har Anders Landström (Lappland Design AB) tagit fram LandPuck, även kallad såddpuck eller såddbrickett. Pucken består av sammanpressad torv med vissa tillsatser (små doser av ett snabbverkande och ett långtidsverkande näringsämne, samt fuktbevarande kemikalier) för att ge en bra grönings- och plantbildningsmiljö, ett frö samt ett täckande lager med vermiculite och bindemedel. Den komprimerade pucken liknar en liten hockeypuck (18 mm tjock och 45 mm i diameter), väger ca 20 gram och packas i rör vilket gör att den är lätt och smidig att transportera och bära med sig. I torrt tillstånd klarar den stötar och yttre påfrestningar utan att gå sönder eller tappa fröet (Wennström, 2011). Pucken innehåller mer torv än en traditionell täckrotsplanta och absorberar fukt från omgivning och regn (Härjegård, 2008).

LandPucken förväntas i första hand kunna ersätta den konventionella radsådden. Den största vinsten med LandPucken är att det är en mycket frösnål metod jämfört med sådd, vilket gör att det bästa tillgängliga plantagefröet kan föryngra en stor areal (Wennström, 2011). Pucken förväntas även delvis kunna ersätta traditionell plantering av tall på lämpliga marker. Bedömningen är att priset på en LandPuck ska ligga på ca 40 öre styck, omkring en tredjedel av vad en täckrotsplanta för norra Sverige kostar (Anders Landström, pers medd.). Plantering med täckrotsplanter tros dock resultera i något högre överlevnad än plantering med LandPuck och ge cirka två till tre års försprång i tillväxt. Fördelen med plantering av LandPuck jämfört med konventionell plantering bedöms vara att de totala föryngringskostnaderna kan reduceras betydligt då både inköp av material samt själva planteringsmomentet innebär en lägre kostnad (Ulfstand Wennström, pers medd.).

Jämfört med tidigare ansträngningar att utveckla skogssådd genom att skicka med substrat finns det ett par väsentliga skillnader och förbättringar som gör att LandPucken kan förväntas ge ett bättre resultat. IDS-behandlat plantagefrö (fröpartier där döda frön sorteras bort) kan användas och kontakten med kapillärt vatten bör förbättras genom att en anpassad mängd vattenhållande kristaller är tillsatta. Genom detta maximeras grobarhet och gröningsenergi så att enbart ett frö per puck behövs. Dessutom ”smälter” en uppvattnad puck ihop med omgivande substrat och kan därför inte förflyttas av vind eller fåglar på samma sätt som såddplattan (Wennström, 2010).

Enligt rekommendationer från Anders Landström (pers. medd.) bör puckarna planteras manuellt fyra cm ner i mitten av ett harvspår. När pucken absorberar vatten sväller den och når upp till markytan. Målet på sikt är att plantering av puckarna ska kunna ske maskinellt i samband med markberedning. Därmed tros föryngringskostnaderna kunna minska betydligt. Vid plantering med puckar är riktvärdet idag (bedömt utifrån inledande tester) kring 3500 puckar per hektar, vilket ska motsvara cirka 2100 planter per hektar vid konventionell plantering. Puckarna packas i vattentäta plaströr om 50 puckar. 600 puckar väger cirka 12 kilo och kan lätt bäras i en specialdesignad ryggsele. Planteringsrören laddas med ett rör med LandPuck (50 stycken). En klaff i planteringsredskapet ska sedan släppa ner en puck åt gången och hindra resten av puckarna från att falla ner. Teoretiskt sett så är detta en snabb och effektiv planteringsmetod (Landström, 2012).

Sveaskog har under senare tid minskat andelen naturlig föryngring från 17 till 6 procent mellan åren 2005 och 2010. Andelen sådd har ökats under nämnda period från 12 till 23

procent (Sjögren, 2011; Sveaskog Stab, 2012). Huvudanledningen till denna förändring är att Sveaskog till stor andel använder plantagefrö vid skogssådd och den mertillväxt det innebär ger en högre långsiktig lönsamhet än naturlig föryngring.

Lappland Design inledde 2007 ett samarbete med Sveaskog som resulterade i ett beslut om att lägga ut småskaliga fältförsök i Västerbottens län. Skogforsk anlätades för att genomföra och revidera försök i mindre skala med pucken mellan 2007 och 2012. Totalt lades ett 20-tal försök ut under dessa år. Ett examensarbete (Härjegård, 2008) har visat på goda resultat av planterad LandPuck med 60 procents plantbildning på torr mark och 35 procents plantbildning på fuktig mark. Resultat från Skogforsk har visat på förbättrad plantbildning och tillväxt genom LandPuck jämfört med konventionell skogssådd (Wennström, 2011). Sommaren 2012 utförde Sveaskog ett större fältförsök där puckarna för första gången används som operativ föryngringsmetod på en del av ytorna på fyra objekt i Västerbotten (Stefan Mattsson, pers medd.). Eftersom LandPucken har utvecklats till ett mer komplett embryo till operativt system har Sveaskog bedömt det som angeläget att göra en uppföljning och en analys av hela Landpuck-systemet.

4.2 Syfte och målsättning

Syftet med detta arbete är att utvärdera LandPuck-systemet i dess nuvarande utformning. Målsättningen är att ta fram ett kunskapsunderlag som gör det möjligt för både Lappland Design och Sveaskog att bedöma konkurrenskraften för LandPuck-systemet gentemot den konventionella metoden med plantering av 1-åriga täckrotstallplantor (Starpot 50 och Svepot Air 30).

Effektmål är att:

- Kvantifiera plantbildning under planteringsåret för LandPuck resp. överlevnad för 1-åriga täckrotsplantor av tall på marker lämpliga för tallplantering i norra Sverige representativa för Sveaskogs innehav.
- Undersöka inverkan av puckens planteringsdjup på plantbildning och tidig överlevnad.
- Kvantifiera överlevnad och tillväxt under etableringsfasen (4 år) för LandPuck-systemet.
- Sammanställa direkta föryngringskostnader och uppskatta slutliga kostnader för de olika föryngringsalternativen på nämnda marktyper.

4.3 Hypotes

Föryngring med LandPuck på tallplanteringsmarker ger tillräckligt hög plantbildning, överlevnad och tidig tillväxt för att metoden ska ge lägre etableringskostnader än konventionell tallplantering med täckrotsplantor.

5. Material och metoder

5.1 Plantbildning av LandPuck och överlevnad för täckrotsplantor under planteringsåret

Totalt ingick sex lokaler i delstudien, två vardera från tre olika resultatområden inom Sveaskog; Västerbotten (1, 2), södra Norrbotten (7, 8) och norra Norrbotten (9, 10) (Figur 1 samt Bilaga 1). Tre proveniensers av tallfrö (*Pinus sylvestris*) användes, anpassade för varje resultatområde. Samtliga fröpartier har haft en grobarhet på minst 98,50 procent (Bilaga 2).



Figur 1. T.v. Försöken: 1. Mettjaur 2. Bastutjärnliden 3. Kvarnberget 4. Frisbovägen 5. Toskberget, 6. Väst Stenträsk, 7. Nattberget, 8. Risliden, 9. Ravsujärvi, 10. Lamavaara, 11. Skjutbanevägen

Figur 2. T.h. Plantering av LandPuck. Toskberget, juni 2013. Ca 600 puckar kan bäras i ett specialbyggt bärsystem. Potiputki planteringsrör användes, två plantörer hjälptes åt med planteringen. Foto: Ragna Wennström

Figure 2. Planting of LandPuck. Toskberget, June 2013. Approximately 600 LandPucks can be carried in a specially constructed carrying system. Potiputki was used and two planters helped out with the planting

Respektive lokal delades upp i två ungefär lika stora ytor. Ena ytan planterades manuellt med ettåriga täckrotsplantor (Starpot 50) av tall medan andra ytan planterades manuellt med LandPuck innehållande tallfrö (Figur 2). Vilken yta som skulle föryngras på vilket sett lottades fram. De specialbyggda planteringsören fungerade ej och var under utveckling. Istället användes Potiputki planteringsrör för att göra hål, medan en annan plantör planterade LandPucken. Planteringen i Västerbotten var klar den 11 juni 2013, i Södra Norrbotten den 27 juni och Norra Norrbotten den 19 juni. Tre olika planteringslag var delaktiga vid planteringen, ett vardera för Västerbotten, södra Norrbotten och norra Norrbotten. I samband med planteringen lades 100 m² stora cirkelprovytor ut, antal enl. Tabell 1, och ytförband enligt följande modell (Mattsson & Larsson-Stern, 2010):

$$F = \sqrt{\left(\frac{a}{n}\right)} \text{ där}$$

F är förband i meter

a, areal planterad med LandPuck i kvadratmeter

n, antalet provytor på ståndorten.

Tabell 1. Antal provytor baserat på försökets storlek

Table 1. Number of sample plots by size of the local

Planterad areal, ha	Antal provytor per ståndort
0-1,9	6
2,0-4,9	8
5,0-9,9	12
10,0-19,9	16
20,0-29,9	20
30,0 >	24

Vid planteringen markerades provytorna med en centrumpinne och en plastpinne sattes ut vid varje puck inom ytan. Under september 2013 inventerades samtliga ytor med avseende på: plantbildning (grott/ej grott), typ av planteringspunkt och planthöjd mätt i centimeter. För planteringspunktens substrat noterades det huruvida ytan kring LandPucken dominerades av humus eller mineraljord. Inventeringen av täckrotsplantor skedde på samma sätt, då med avseende på överlevnad och typ av planteringspunkt. Inventering skedde mellan 10-18 september, cirka 90 dagar efter plantering.

5.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck

Olika planteringsdjup jämfördes i ett randomiserat blockförsök på Toskberget, Lycksele. Samma leverans av LandPuck användes för detta försök som för övrig plantering av LandPuck på Toskberget, och därmed samma frömaterial (tallfrö med 99,25 procents plantbildning). Försöket lades ut den 4:e juni 2013. Potiputki planteringsrör användes för att göra små hål. Inom varje block planterades totalt fyra puckar på olika djup (på ytan, 2, 4 eller 6 cm ner) inom en kvadratisk yta i markberedningen med ca 10-20 cm avstånd mellan varje puck. Någon meter från den sista pucken i det första blocket upprepades samma procedur och puckarna markerades ut med färgade stickor. Inbördes ordning mellan planteringsdjup och placering inom respektive block slumpades. På så sätt slumpades även planteringspunktens substrat och fördelning mellan totalt antal planteringspunkter i humus respektive mineraljord. Totalt ingick 448 puckar (112 per försöksled) i detta försök. I samband med planteringen noterades att en till två puckar per rör om 50 stycken puckar saknade frön. Detta berodde på att limmet på vermiculiten med tillhörande frö hade stelnat fast i underdelen på ovanliggande puck. Dessa puckar ingick ej i djupförsöket och kasserades. Planteringsdjupet kontrollerades med en linjal och utgjordes av medeldjupet runt om hela pucken. Det kontrollerades noga att puckarna ej blivit övertäckta av nedfallande jord eller växtlighet vid planteringen.

Försöket inventerades den 10:e september 2013, det vill säga 68 dagar efter planteringen. Plantbildning (grott/ej grott) och planteringspunktens dominerande substrat (mineraljord/humus) på platsen för respektive puck registrerades, liksom raket för den levande plantan (rak/mycket krokig).



Figur 3. T.v. Utstakning av djupförsök på Toskberget, september 2013

Figur 4. T.h. Inventering hösten 2013 av Skogforsks försök i Sävar, anlagt 2008. På bild höjdmätning av en sex år gammal planta från LandPuck

Figure 3. Left. Impact on emergence of different planting depths. Toskberget, September 2013

Figure 4. Right. Inventory autumn 2013 of the local in Sävar, founded in 2008. Height measurement of a six year old plant from planting of LandPuck

5.3 Överlevnad i Sveaskogs försök planterat 2012

I början av juli 2012 planterade Sveaskog totalt ca 15 000 Landpuckar av tall med samma proveniens, fördelat på 4 stycken objekt i Lyckseletrakten (Figur 1 samt Bilaga 1). I mitten på september 2012 lades 3-5 fasta cirkelprovytor (100 m²) ut på varje objekt (totalt 18 ytor). Inventeringen 2012 utfördes av Stefan Mattsson, Sveaskog (Stefan Mattsson, pers. medd.). Antalet levande plantor registrerades och markerades med plastpinnar i olika färger beroende på substrat på plantpunkten. Puckar som ej resulterat i plantbildning markerades inte och kunde därmed inte kopplas till planteringspunktens substrat.

Sveaskogs försök planterat 2012 inventerades på nytt i mitten på september 2013. På två av objekten missades en provyta i samband med inventeringen 2013. Totalt inventerades således 16 stycken provytor av de 18 som markerades 2012. Planthöjd i centimeter samt överlevnad för plantor i respektive substrat (humus/mineraljord) noterades. Då enbart de puckar som resulterat i plantbildning vid inventeringen 2012 markerades med en plastpinne, ger inventeringen 2013 information om avgången från år ett till år två för respektive substrat.

5.4 Överlevnad och tillväxt i Skogforsks försök i Sävar anlagt 2008

Försöket anlades i mitten på juni, 2008 som ett radförsök med nio block. I varje block testades tio olika metoder. Endast ett fåtal av dessa ingår i denna rapport, då en del av de metoder som testades gick ut på att utveckla LandPucken med lämplig mängd vattenhållande kristaller, mängd näringsämnen och så vidare. Rader med tio upprepningar med antingen plantering av täckrotsplantor, LandPuck eller sådd slumpades ut inom respektive block. Nio frön (IDS-behandlat FP1 Skaholma med 99,5 procent grobarhet) såddes per såddpunkt. Högsta levande plantans höjd i varje såddpunkt har registrerats vid inventeringar. Även inverkan av fröantal vid plantering av LandPuck ingick i försöket (ett respektive två frön per LandPuck). Tidigare årsvis insamlade data har använts i detta arbete. Dessutom gjordes en inventering hösten 2013 (Figur 4). LandPuckens utveckling jämfört med täckrotsplantering och sådd kunde alltså jämföras upp till sex år.

5.5 Kostnadsanalys

Vid konventionell plantering av tall på Sveaskogs marker är planteringsmålet ca 2100 plantor per hektar. Sveaskogs mål är att det ska finnas cirka 1700 tallplantor per hektar efter fyra år (Mattsson & Larson-Stern, 2009). Inkluderat naturlig föryngring av övriga trädslag (exempelvis gran och björk) ger detta cirka 2000 huvudplantor per hektar sju år efter avverkning och efter plantering i norra Sverige enligt SKS Polytax (Bergquist et al. 2011).

För beräkningen av kostnad för föryngring med LandPuck sattes därför ett mål på 1700 levande plantor per hektar efter fyra år. Rimligt antagande angående plantbildning under planteringsåret baseras på tidigare inventeringsresultat i studien. Beräknad överlevnad från år ett till år fyra baseras på tidigare studier från Skogforsk (Wennström, 2007). Genom detta kunde antalet pucker som bör planteras per hektar skattas. En plantbildning X procent, överlevnad från år ett till år fyra på Y procent och ett mål på 1700 plantor per hektar år fyra, ger att $1700/(X*Y)$ pucker bör planteras per hektar. Därefter kunde inköpskostnaden med dagens pris för LandPuck samt en rimlig kostnad för planteringsarbetet uppskattas. Tidigare studier på planteringskapacitet med de specialanpassade planteringsrören finns ej. LandPuck kräver enbart ett svalt garage eller liknande som förvaringsutrymme innan plantering, dvs. det förutsattes att LandPuck-systemet inte för med sig lagringskostnader i fält. Plantörerna kan i samband med plantering ta med sig rören med LandPuck i bilen samma dag.

Den totala kostnaden för inköp av ettåriga täckrotsplantor (Starpot 50), planthantering, utkörning och plantering är cirka 4500 kronor per hektar. Sommaren 2014 planerar Sveaskog börja plantera med en billigare planttyp, Svepot Air 30. Inköp av plantor och plantering av dessa beräknas då kosta kring 4000 kronor per hektar (Stefan Mattsson, pers. medd.).

5.6 Statistisk analys

Statistiska analyser gjordes med statistikprogrammet SAS, för variansanalyser valdes proceduren GLM (general linear model) med Tukeys Studentized Range Test som signifikanstest ($P \leq 0,05$). Medelvärden är baserade på minsta kvadratsumma i samband med variansanalys, i övriga fall är det aritmetiskt medelvärde som är presenterat.

Följande modeller användes:

- 1) Plantbildningsprocent och överlevnad för LandPuck och täckrotsplantor under planteringsåret.

$$\text{Plantprocent/överlevnadsprocent} = \mu + \text{Lokal} + \text{Block}(\text{Lokal}) + \text{Substrat} + \text{Lokal} * \text{Substrat} + e$$

- 2) Tillväxt och överlevnad över tiden.

$$\text{Höjdtillväxt/överlevnadsprocent} = \mu + \text{Block} + \text{Försöksled} * \text{Substrat} + e$$

- 3) Inverkan av planteringsdjup.

$$\text{Plantprocent/stamraket} = \mu + \text{Djup} + \text{Substrat} + \text{Djup} * \text{Substrat} + e$$

Där:

μ = totala medelvärdet för den studerade variabel

e = residual (övrig effekt som ej förklaras av modellen) (Blom, 1984)

6. Resultat

6.1 Plantbildning/överlevnad av LandPuck och täckrotsplantor under planteringsåret

Totalt inventerades 66 provytor med LandPuck under 2013 fördelat på de sex lokalerna. Målet var att cirka 3500 puckar skulle planteras ut per hektar, med en meters planteringsförband. Inventeringen visade att något färre puckar planterades, i medel 3042 puckar per hektar. I de sex objekten bedömdes totalt 36 procent av puckarna vara planterade i mineraljord, medan 64 procent av puckarna var planterade i humus. Totalt inventerades 2004 puckar (Tabell 2).

Försöken visade en tydlig signifikant skillnad i plantbildning mellan olika lokaler och mellan de två substraten (men ingen signifikant samspelseffekt mellan substrat och lokal) (Tabell 3). I genomsnitt var plantbildningen 66,8 procent (Tabell 2). Förklarandegrad (R^2) för modellen var 10,6 procent. Ett medelvärde för standardavvikelsen (Root MSE) var 0,46. Ravsujärvi i norra Norrbotten var det försök som gav sämst resultat med enbart 53 procent grodda plantor från LandPuck. Lamavaara, beläget ett par mil från Ravsujärvi, var den lokal som gav högst plantbildning (83 procent). Plantering i mineraljordsfläckar gav i samtliga lokaler en högre plantbildning än plantering i humus (72 respektive 62 procent). Medelhöjd för plantor i mineraljord mättes till 1,8 centimeter och för plantor i humus till lite drygt 1,9 centimeter. Medelhöjden för samtliga plantor var 1,9 centimeter.

Det var nästan ingen skillnad i plantbildning mellan de tre resultatområdena. 67,1 procent av puckarna i Västerbotten resulterade i plantbildning, 65,0 procent av puckarna i södra Norrbotten, samt 68,3 procent av puckarna i norra Norrbotten.

Tabell 2. Totalt antal inventerade LandPuckar, innehållande ett tallfrö per puck med minst 98,50 procents grobarhet. Planterat i början på juni 2013 och inventerat i mitten på september 2013. Plantbildning lokalvis, fördelat på mineraljordsfläckar och humusfläckar och total plantbildning. Std Dev är spridningsmått för plantbildning för lokalerna. Resultat från lokaler med olika bokstäver är signifikant skilt enligt Tukey's Studentized test.

Table 2. Total number of LandPucks planted and invented 2013. Seedling emergence by local, divided into planting in mineral soil, humus and total emergence

Lokal	Substrat	Antal puckar	Plantbildning, procent	Std Dev	Tukey
V. Stenträsk	Humus	161	63,2	0,48	
6.	Mineraljord	14	82,8	0,26	
	Totalt	175	73,0		b
Toskberget	Humus	162	51,4	0,50	
5.	Mineraljord	262	71,2	0,46	
	Totalt	424	61,3		b
Nattberget	Humus	231	67,1	0,47	
7.	Mineraljord	65	69,3	0,47	
	Totalt	296	68,2		b
Risliden	Humus	221	59,4	0,50	
8.	Mineraljord	161	64,2	0,45	
	Totalt	382	61,8		b
Ravsujärvi	Humus	213	51,0	0,40	
9.	Mineraljord	148	55,2	0,34	
	Totalt	361	53,1		c
Lamavaara	Humus	296	79,0	0,50	
10.	Mineraljord	70	87,9	0,50	
	Totalt	366	83,4		a
Totalt/ medelvärde	Humus	Σ 1284	61,9		
	Mineraljord	Σ 720	71,8		
	Totalt	Σ 2004	66,8		

Tabell 3. Resultat från variansanalys avseende inverkan av block (provytor), lokal (totalt sex stycken) och substrat (humus eller mineraljord) på plantbildning (grott/ej grott) för LandPuck-systemet under första vegetationsperioden, 2013

MS= medelkvadratsumma

Table 3. Results from analysis of variance regarding the effect of local and substrates on emergence for LandPuck-system during the planting year. MS = mean sum of squares

Faktor	Frihets- grader	MS	F-värde	Pr > F
Lokal	5	2,53	12,07	<0,0001
Block(lokal)	60	0,39	1,85	<0,0001
Substrat	1	2,04	9,72	0,0018
Lokal*Substrat	5	0,30	1,45	0,2049

Vid inventeringen av ettåriga täckrotsplantor observerades 1140 plantor på 58 provytor. Cirka 96 procent av de planterade täckrotsplantorna överlevde den första sommaren (Tabell 4). Ett medelvärde för standardavvikelsen (Root MSE) var 0,20. Förklarandegrad (R^2) för modellen var 9,8 procent. Den vanligaste dödsorsaken bedömdes vara otillräckligt planteringsdjup och dålig tilltryckning, vilket resulterat i att plantan torkat ut. Sett till de olika resultatområdena hade täckrotsplantorna i Västerbotten högst överlevnad första sommaren (97,6 procent), därefter södra Norrbotten (96,8 procent) och norra Norrbotten (92,3 procent). Det fanns ingen signifikant skillnad i överlevnad mellan lokaler eller mellan substrat.

Tabell 4. Antal planterade ettåriga täckrotsplantor av tall sommaren 2013 enligt inventering, samt överlevnad för täckrotsplantor efter en vegetationsperiod

Table 4. Number of planted containerised seedlings according to inventory. Survival first summer, planted 2013

Lokal	Totalt antal inventerade plantor	Antal provytor	Planterade plantor/ha	Överlevnad i procent
V. Stenträsk	98	6	1600	95,1
Toskberget	257	12	2100	99,2
Nattberget	193	8	2400	99,1
Risliden	154	9	1600	95,7
Ravsujärvi	230	12	2000	95,1
Lamavaara	208	11	1800	93,1
Medel	Σ 1140	Σ 58	1917	95,8

6.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck

Det fanns en tydlig signifikant effekt av planteringsdjup på huruvida fröet i LandPucken grott eller ej (Tabell 5). Ett planteringsdjup på mellan två till fyra centimeter gav högst andel grodda och raka plantor (Figur 5). Mellan 73 och 74 procent av dessa puckar hade resulterat i en planta. 38 procent av puckar planterade på ytan hade resulterat i en planta, däremot bedömdes endast 14 procent av planterat material resulterat i en rak planta. De puckar som planterats sex centimeter ner gav en plantbildning på 43 procent, samtliga raka. Det fanns ingen signifikant effekt av substrat eller någon samspelseffekt mellan planteringsdjup och substrat. Tukey's Studentized test visade att planteringsdjup på 2 och 4 centimeter har ett signifikant samband gällande grodd planta. Plantbildningsresultaten på dessa djup är signifikant skilt från plantbildning på planteringsdjupen 0 och 6 centimeter. Planteringsdjupen 0 och 6 centimeter har ett signifikant samband med avseende på plantbildning. Förklarandegrad (R^2) för modellen var 12,3 procent. Ett medelvärde för standardavvikelsen för total plantbildning i hela försöket (Root MSE) var 0,47.

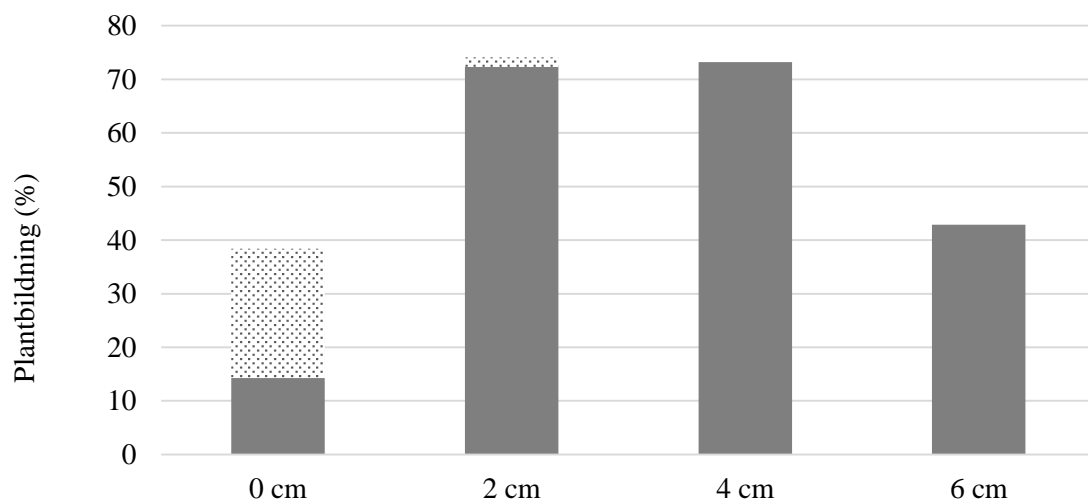
Tabell 5. Resultat från variansanalys avseende inverkan av planteringsdjup och substrat på plantbildning (grott/ej grott) för LandPuck- systemet under planteringsåret. Planteringsdjupförsök på Toskberget i Västerbotten utfört sommaren 2013. Varje puck innehöll ett tallfrö med 99,25 procents plantbildning

MS= medelkvadratsumma

Table 5. Results from analysis of variance regarding the effect of planting depth and substrates on emergence for LandPuck-system during the planting year. MS = mean sum of squares

Faktor	Frihetsgrader	MS	F-värde	Pr > F
Planteringsdjup	3	3,69	16,9	<0,0001
Substrat	1	0,17	0,77	0,3812
Djup*Substrat	3	0,21	0,98	0,4033

Vid inventeringen observerades att puckar planterade på ytan ofta hade ”runnit ut” och resulterade i sneda och krokiga groddplantor (Figur 6). Puckar planterade sex centimeter ner var mestadels övertäckta av nedfallande material. Frön från övertäckta puckar hade inte grott i något fall. Plantor från puckar planterade med ovandelen två till fyra centimeter ner var mycket fina (Figur 7). Medelhöjden var cirka två till tre centimeter och vitaliteten bedömdes som god. Flera puckar hade mer än en planta.



Figur 5. Plantbildning (grott frö) i procent vid fyra olika planteringsdjup. Helfärgad del av stapeln anger raka plantor (framtida huvudstammar), mönstrad del anger grodda men mycket krokiga plantor. Tillsammans utgör de totalt antal grodda plantor vid de olika planteringsdjupen

Figure 5. Plant establishment in percent at different planting depths. Even coloured part of the graph indicates straight and vigorous seedlings; patterned part indicates established but very winding seedlings. Together they shows total plant establishment at the different planting depths



Figur 6. T.v Puck planterad direkt på ytan, planteringsdjupförsök Toskberget. Plantan kraftigt krokig och har börjat ”rinna av” pucken. Tall

Figur 7. T.h. Puck planterad två centimeter ner, planteringsdjupförsök Toskberget. Frisk och vital tallplanta

Figure 6. Left. LandPuck planted at the surface, Toskberget. The plant is bent and began to fall off the puck

Figure 7. Right. LandPuck planted 2 cm down, Toskberget. Healthy and vital plant

6.3 Överlevnad i Sveaskogs försök planterat 2012

Baserat på totalt antal återfunna puckar vid inventeringen september 2012 planterades i medel 2482 puckar per hektar på de fyra lokalerna, varav 1863 puckar per hektar hade resulterat i plantbildning (77 procent). Vid inventeringen observerades totalt 254 levande tallplantor från LandPuck i mineraljord och 86 i humus. Utöver detta återfanns 97 puckar som ej resulterat i en grodd planta. Substrat på planteringspunkten för dessa registrerades inte.

Under inventeringen september 2013 observerades 1421 levande plantor per hektar. Överlevnaden från första sommaren till sommaren därpå var därmed cirka 76 procent (Tabell 6). Det fanns en svag tendens till att en större andel av de puckar som resulterat i plantbildning i mineraljord överlevde till följande höst. Medelhöjden mättes till 2,9 centimeter för plantor i mineraljord respektive 3,1 centimeter för plantor i humus. Höjden varierade från mellan en till sex centimeter.

Tabell 6. Överlevnad för tallplantor från LandPuck till hösten 2013, baserat på antalet planterade puckar som resulterat i plantbildning 2012. Puckar planterade våren 2012

Table 6. Survival to autumn 2013, based on the number of planted pucks which resulted in plant establishment in 2012

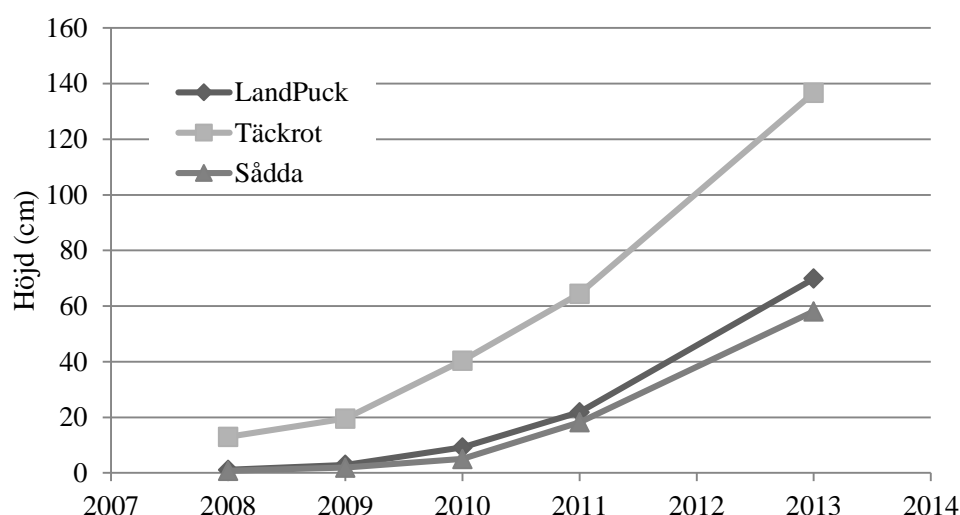
Lokal	Procent levande i mineraljord	Procent levande i humus	Procent levande, totalt
Frisbovägen	78,0	46,8	70,8
Bastutjärnliden	66,8	63,1	66,8
Mettjaur	84,3	96,0	85,4
Kvarnberget	78,5	83,3	79,9
Medel	76,9	72,3	75,7

6.4 Överlevnad och tillväxt i Skogforsks försök i Sävar anlagt 2008

Försöket i Sävar resulterade i en plantbildning första året för LandPuckar på 77 procent. Pucken skilde sig då en aning innehållsmässigt jämfört med årets puckar. Från år ett till år fyra var överlevnaden 91,3 procent, dvs. 70 procent av de planterade puckarna hade en levande planta år fyra. Från år ett till år sex var överlevnaden 91,1 procent.

Puckar innehållande två frön resulterade i en svag signifikant högre plantbildning (P 0,0277; F -värde 4,91) än puckar med ett frö. Puckar med ett frö gav en plantbildning på 76 procent. Puckar med två frön resulterade i att 87 procent av puckarna hade minst en planta. Plantbildningen i detta försök påverkades inte av i vilket substrat pucken var planterad i (P 0,6307). Förklarandegrad (R^2) för modellen var 6 procent. Ett medelvärde för standardavvikelsen (Root MSE) för hela modellen var 40. Puckar innehållande två frön resulterade i medel 1,5 grodda plantor.

Det fanns en tydlig skillnad i höjdtutveckling mellan LandPuckplantor, täckrotsplantor och plantor från direktsådda frön, sex år efter plantering (Figur 8). Täckrotplantorna var signifikant högre än både plantor från LandPuck och plantor från sådda frön. Puckade plantor är högre 2013 (70 cm) än vad de planterade plantorna var 2011 (64 cm). Den högsta plantan i varje såddfläck om nio frön (58 cm) är något lägre 2013 än planterade plantor vid samma jämförelse. Medelhöjden för plantor från LandPuck var 9,2 centimeter högre jämfört med sådda plantor. Skillnaden var dock inte signifikant.



Figur 8. Höjduitveckling i centimeter för tallplantor från LandPuck, täckrot och sådd, planterade 2008 i Sävar. Vid mätning 2013 var medelhöjden för LandPuck 70 centimeter, täckrot 137 centimeter och medelhöjden av sådda frön 58 centimeter (högsta plantan i varje såddfläck om nio frön)

Figure 8. Height in centimetres for plants from LandPuck, containerised seedlings and sowing

6.5 Kostnadsanalys

Av plantorna från LandPuck i Sveaskogs försök anlagt år 2012 överlevde 76 procent till hösten därpå. Försöket i Sävar resulterade i en överlevnad från år ett till år fyra på 91 procent. Skillnad i överlevnad från år fyra till år sex var mycket låg (0,2 procentandelar). Detta försök motsvarar dock inte operativt skogsbruk på samma sätt som Sveaskogs försök. Överlevnad för sådda frön från år ett till år fyra i en mer omfattande fältförsöksserie var 77 procent för plantagefrön i Västerbotten, därefter planade den årliga avgången ut (Wennström, 2007). Kostnadsanalysen i denna studie är därför baserad på en överlevnad för grodda plantor från år ett till år fyra på denna siffra, vilket också överensstämmer bra med överlevnaden i Sveaskogs försök.

Planteringsrören är fortfarande under utveckling och fungerade inte under planteringen 2012 och 2013. Med fungerande planteringsutrustning tror jag att det är möjligt för en plantör att plantera fler LandPuckar per hektar och dag jämfört med täckrotsplantor. Betydligt fler puckar ska dock planteras per hektar jämfört med täckrotsplantor, där omkring 2100 plantor planteras per hektar i norra Sverige. Med ett mål på cirka 3000-3500 planterade puckar per hektar planterade i ett tätare förband med samma markberedda sträcka kan det antas att planteringskostnaden borde vara ungefär densamma för plantering med LandPuck som plantering med ettåriga täckrotsplantor, kring 2100 kronor per hektar (Stefan Mattsson, pers. medd.).

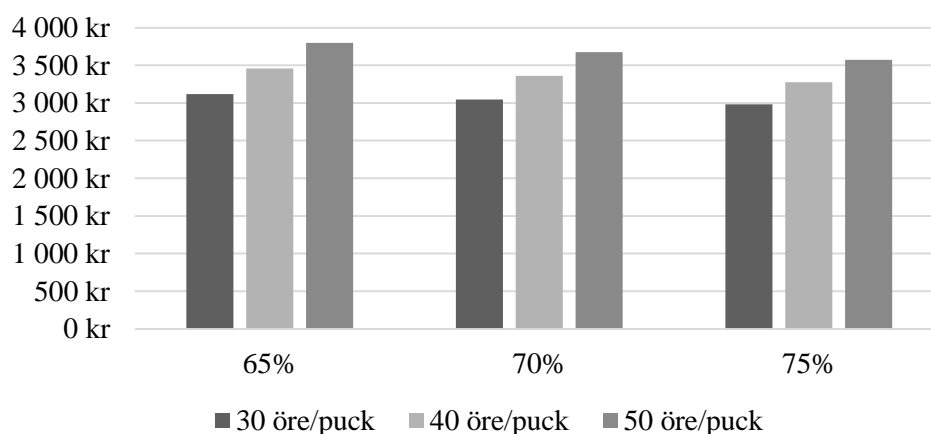
Med ett mål på 1700 levande plantor per hektar efter fyra år, en plantbildning på 65 procent och därefter en överlevnad på 77 procent från år ett till år fyra, krävs att 3397 puckar planteras per hektar (Tabell 7). Motsvarande siffra vid en plantbildning på 70 procent är 3154 planterade puckar. Vid en plantbildning på 75 procent räcker det att 2994 puckar planteras. Med en inköpskostnad på 40 öre per puck slutar föryngringskostnaden på cirka 3350 kronor per hektar, exklusive markberedning och andra förberedande åtgärder.

Tabell 7. Jämförelse mellan LandPuck, Starpot 50 och Svepot Air 30 vid ett mål på 1700 levande plantor per hektar efter fyra år och vid olika plantbildning (BP). Kostnader i kronor

Table 7. Comparison of LandPuck, Starpot 50 and Svepot Air 30 at a target of 1700 living plants per hectare after four years and at different plant establishment first year (BP). Costs in SEK

	Starpot 50	SvepotAir 30	LandPuck 65 % PB	LandPuck 70 % PB	LandPuck 75 % PB
Antal planterade plantor/ha	2 100	2 100	3 397	3 154	2 944
Planteringskostnad/planta	1,00	0,95	0,62	0,67	0,71
Planteringskostnad/ha	2 100	1 995	2 100	2 100	2 100
Inköpskostnad/planta	1,15	0,95	0,40	0,40	0,40
Summa föryngringskostnad/ha	4 515	3 990	3 460	3 360	3 280

En förändring i inköpspris av LandPuck påverkar föryngringskostnaden (Figur 9). En inköpskostnad på 30 öre per puck och en plantbildning på 70 procent ger en föryngringskostnad på 3000 kronor per hektar. Jämförs detta med föryngring av Starpot 50 är prisskillnaden nästan 1500 kronor per hektar (Tabell 7).



Figur 9. Föryngringskostnad med LandPuck vid olika inköpskostnad och plantbildning

Figure 9. Planting costs of LandPuck at different purchase cost and plant establishment

7. Diskussion

7.1 Plantbildning/överlevnad av LandPuck och täckrotsplant under planteringsåret

Plantbildningen vid 2013 års försök (67 procent i medel, 72 procent vid puckplantering i mineraljord) var lägre än plantbildningen i Skogforsks försök i Sävar (77 procent). Försöket i Sävar är gjort i mindre skala, varje puck var omsorgsfullt planterad på lämplig punkt i markberedningen. Sveaskogs försök 2013 är mer operativt och storskaligt och puckarna planterades i ett konventionellt förband, dvs. puckar planterades ibland även om markberedningspunkten inte var lämplig. Kvistar och liknande hade inte flyttats, men undvikts om möjligt. För att få ut önskat antal puckar per hektar vid en konventionell plantering kan det vara svårt att undvika plantering i enbart optimala markberedningspunkter. Även väder samt andra lokala abiotiska och biotiska faktorer kan ha en påverkan på plantbildning som gör att resultat från olika år kan variera. Plantbildningen i LandPuck-systemet är dock generellt betydligt högre än efter konventionell sådd (Winsa, 1995; Oleskog, 2000; Nilsson, 2001; Erefur, 2010). Täckrotsplanter har ett försprång i tillväxt och motstånd mot konkurrens, men är däremot färre än de antal planter som fås för samma kostnad vid en förnygring med LandPuck. I medel planterades drygt 1900 täckrotsplanter per hektar i samband med försöksutläggningen 2013, varav ca 95 procent av dessa överlevde första sommaren.

Vid anläggning av försöket på Toskberget observerades att bindemedlet på ett par puckar per rör inte hunnit stelna vid tillverkningen innan de paketerats. Detta hade resulterat i att vermiculit, färg och tillhörande frö fäst i underdelen på pucken ovanför. Någon puck per rör saknade därmed frö. De ingående puckarna för djupförsöket kontrollerades för att detta inte skulle ha någon påverkan på resultatet. Puckar som saknade frö kasserades. I övriga försök planterades samtliga puckar utan kontroll om huruvida det fanns medföljande frö eller ej. Det är svårt att säga hur omfattande detta problem var och om det kan ha haft någon påverkan på plantbildningsresultat på resterande försök. Vid inventeringen på samtliga försök observerades även att ett antal puckar haft två eller flera grodda planter och bör då haft mer än ett medföljande frö. Hur många puckar som haft mer än ett frö vet vi inte. Resultatet från försöket i Sävar visar att plantering av LandPuck innehållande två frön ger en positiv påverkan på plantbildningen med en ökning på 11 procent. Vid planteringen av LandPuck 2013 har det därmed funnits både en negativ (puckar utan frö) och en positiv (puckar med flera frön) faktor för plantbildningen. Det är okänt hur stora dessa är i förhållande till varandra och vilken slutlig påverkan på det totala inventeringsresultatet detta har.

Puckar planterade 2012 markerades först i samband med inventeringen och inte vid planteringen. Omarkerade puckar kan i efterhand vara mycket svåra att hitta, särskilt de som saknar groddplanta. En okänd andel planterade puckar missades troligen vid den första inventeringen på hösten 2012, vilket kan ha lett till en överskattning av plantbildningen 2012 (77 procent). Om man utgår från inventeringsresultatet från de sex lokalerna som planterats och inventerats 2013, där i medel 67 procent av de planterade puckarna hade en planta första året, skulle 2788 puckar ha planterats per hektar, 306 fler puckar per hektar än vad som återfanns vid inventeringen. Man kan anta att detta värde är mer korrekt än det inventerade.

Plantering i mineraljord gav signifikant högre plantbildning än plantering i humus (72 respektive 62 procent) under planteringsåret 2013. I Sveaskogs försök planterat 2012 gav plantering i mineraljord högre överlevnad till året därpå än plantering i humus (77 respektive 72 procent). Det noterades däremot ingen signifikant skillnad mellan plantering i humus eller mineraljord i samband med planteringsdjupförsöket på Toskberget. Tidigare studier som behandlat direktsådd visar att markberedning bör göras så att sådda frön kan hamna på ett tunt humusskikt eller på blekjord. Rostjord ger ofta sämre resultat både i överlevnad och tillväxt efter ett par säsonger (Wennström, 2010; Winsa & Bergsten 1994). För fortsatta studier med LandPuck bör man inte enbart skilja på plantering i humus eller mineraljord, utan även blekjord och rostjord. Enligt Hallsby (2008) bör sådd ske på marker med medelgrov textur (ex. sandig-moig morän). Konkurens från omgivande vegetation minskar samtidigt som plantans tillgång till kapillärt bundet markvatten ökar (Winsa, 1995). Den medföljande torven och de vattenbindande kristallerna i pucken bör vara en faktor som höjer plantbildning och tidig överlevnad (Hadas, 1970; Sundin, 2009). Högst troligt kan detta bredda puckens spann för lämpliga föryngringslokaler utöver de som lämpas för sådd. De lokaler som ingått i försöken 2012 och 2013 har valts ut som representativa för Sveaskogs innehav och var markberett för både plantering med täckrotsplanter samt för sådd. En nackdel med plantering i mineraljord är att risken för uppfrysning under senhöst och tidig vår ökar (de Chantal et al. 2006). På uppfrysningsbenägna marker bör man därför överväga om plantering i humusfläckar kan vara att föredra (Winsa, 1995), då detta på längre sikt kan tänkas ge ett bättre föryngringsresultat än plantering i rena mineraljordsfläckar.

7.2 Inverkan av planteringsdjup för LandPuck

Resultaten från djupplanteringsförsöket på Toskberget visar att det är av stor vikt att plantörerna är noga med planteringsdjupet. Planteras en stor andel av puckarna direkt på ytan sänks plantbildningen för föryngringen avsevärt. En LandPuck löses fort upp vid regn och smälter samman med de omgivande kanterna i planteringspunkten, vilket ger en mer homogen yta. På så sätt klarar pucken bland annat torka och uppfrysning bättre (de Chantal et al. 2006; Winsa, 1995). Ligger pucken på ytan riskerar den att "rinna ut" vid regn. Det finns därmed en risk att fröet spolats iväg. En annan risk om plantan har hunnit gro, är att puckens form fortsätter förändras. Detta gör att det känsliga rotsystemet och den unga planta kan ändra vinkel (Bergsten & Sahlén, 2008). Plantan kan bli sned och krokig, som försöket på Toskberget tydligt visar. Rötterna kan komma i direkt kontakt med solljus och riskerar därmed att torka ut. En puck som ligger på marken helt exponerad för vind och solljus riskerar även att påverkas mer av en varm eller blåsigt dag (Winsa, 1995). Risken att groddplantan dör på grund av torka är därför betydligt större vid plantering på ytan än någon centimeter ner. Planteras pucken för djupt ökar risken för att nedfallande material ska täcka över fröet och därmed hindra det från att gro. Ett tunt lager nedfallande material skyddar fröet från predation, förflyttning, regndroppar och ökar humiditeten kring fröet (Bergsten & Sahlén, 2008). Groddplanter klarar dock inte av att tränga igenom ett tjockare lager än kanske några millimeter, max någon enstaka centimeter i ett luckert material. Fröna kan även hamna under vatten och drabbas av syrebrist. Ett tjockare lager täckande material har därför en kraftig negativ påverkan på plantbildningsförmågan (Bergsten et al. 2001).

Vid utformning av planteringsrör och vid eventuell framtida utveckling av mekaniserad plantering av LandPuck är det av stor vikt att man anpassar planteringsredskapen för att pucken ska hamna på ett optimalt djup. Tidigare planteringsinstruktion från Anders Landström, som denna studie ger stöd för, var att pucken bör planteras cirka fyra centimeter ner i marken och ej vara övertäckt av material. Pucken är cirka två centimeter hög, vilket innebär att fröet hamnar på ett djup av cirka två centimeter (dock inte täckt av material).

7.3 Överlevnad och höjduitveckling

Tidigare studier från Skogforsk med plantering med LandPuck visar att groddplantan från LandPuck är betydligt större efter första sommaren än en planta från sådd (Ulfstand Wennström, pers medd.). Plantering med LandPuck innebär en tillförsel av näring till fröet samt en förbättring av groningenens vattenbindande förmåga (Pamuk, 2004). En mindre planta är mer utsatt för konkurrens och predation av små djur och insekter (Hallsby, 2008). Främsta orsaken till plantavgång vid skogssådd är uppfrysning (Winsa & Bergsten 1994). Större plantor klarar uppfrysning bättre än små (Schramm 1958). Vinsten av en tidig höjduitveckling under plantans första somrar kan vara mycket betydelsefull för dess överlevnad. Föryngring med LandPuck är dessutom ett betydligt frösnålare alternativ än traditionell sådd. Detta gör att man kan använda bättre frömaterial i större utsträckning, exempelvis TreO-frön (tredje omgångens fröplantager) (Almqvist et al. 2010; Sjögren, 2011). Förädlad frömaterial ökar plantuppslag och tidig tillväxt. Studier visar på att plantagefrön resulterar i plantor med högre överlevnad än beståndsfrön. Den främsta orsaken till detta är troligen att plantorna från plantagefrön är större (Wennström et al. 2007).

7.4 Kostnadsanalys

Med ett mål på 1700 levande plantor per hektar efter fyra år, är det ekonomiskt fördelaktigt att föryngra med LandPuck jämfört med plantering av Starpot 50 eller Svepot Air 30.

Enligt Wennström, Ulfstand (pers. medd.) som tidigare gjort småskaliga försök på LandPucken, ses den största tillväxtskillnaden mellan sådd och LandPuck framförallt de första åren. Därefter beror plantans utveckling framförallt på om det är ett plantage- eller beståndsfrö. Täckrotsplantor har ett försprång i tillväxt på cirka två år jämfört med plantering av LandPuck vilket ger en påverkan på utfallet vid en nuvärdesberäkning (Bostedt, 2007). Skillnaden i föryngringskostnad för LandPuck jämfört med täckrotsplant bör vara högre än motsvarande ekonomiska värde för den tidsmässiga förlust som fås genom att inte plantera ettåriga täckrotsplantor.

En hög plantbildning av LandPuck minskar kostnaden för en föryngring, då färre puckar behöver planteras för att nå samma mål. Inköpspris och planteringskostnad blir därmed lägre. Priset för en LandPuck är idag 40 öre styck (Anders Landström, pers. medd.). En förändring i inköpspris för en puck har en påverkan på den totala föryngringskostnaden. Höjs puckpriset till 50 öre styck så minskar dess ekonomiska konkurrenskraft gentemot övriga planteringssystem. Om priset för en LandPuck istället minskas till 30 öre styck så kan de totala föryngringskostnaderna reduceras med en tredjedel jämfört med föryngring med Starpot 50. Detta givet en plantbildning på 75 procent.

Den beräknade överlevnaden (77 procent) från år ett till år fyra är baserat på en studie som behandlar sådda plantagefrön (Wennström, 2007). Plantor från LandPuck har en bättre höjdtutveckling under de första åren och resulterar troligen i högre överlevnad än plantor från sådda frön. Detta skulle innebära att en beräkning baserad på 77 procents överlevnad från år ett till år fyra innebär en underskattning av den reella överlevnaden. I sin tur skulle detta innebära att kostnadsberäkningar i denna studie för föryngring av LandPuck är något överskattad. Höjs tidig överlevnad så behövs färre puckar planteras. Detta innebär en lägre föryngringskostnad för LandPuck.

I denna studie har kostnadsberäkningar baserats på antagandet att planteringsmomentet vid föryngring med LandPuck kostar lika mycket som planteringsarbetet när täckrotsplantor används. En effektivisering av planteringsmomentet med LandPuck skulle reducera föryngringskostnaderna och höjda dess ekonomiska konkurrenskraft. Detta kräver framtagande av ett välutvecklat planteringsrör för manuell plantering som ökar prestationen för plantörerna. En mekaniserad plantering av LandPuck, eventuellt i samband med markberedning, borde ge stora ekonomiska fördelar. Idag finns ett flertal system för mekaniserad plantering av täckrotsplantor. Dessa kräver att påfyllnad av plant sker manuellt; ett tidskrävande moment som begränsar planeringskapaciteten. Täckrotsplantorna tar stor plats, kräver plantvård och ska matas ut smidigt ur aggregatet utan att plantan skadas (Safrani & Lideskog, 2011). Mekaniserad sådd kan utföras som fläcksådd eller radsådd. Lönsamhet och effektivitet är betydligt högre än för mekaniserad plantering. Utöver hög effektivitet och välfungerande utrustning vid praktisk körning krävs bland annat att utrustningen för mekaniserad sådd inte skadar fröna samt ger en jämn giva (Nystrand et al. 2000). Till skillnad från mekaniserad plantering av täckrotsplantor borde det vara relativt lätt att utveckla ett system för plantering med LandPuck, eftersom de små och lätta puckarna förvaras i rör som kan liknas med ett magasin. I princip kan planteringsaggregatet bara mata ut puckarna i jorden, en och en, med ovansidan upp och på anpassat djup. Flera rör kan förvaras i systemet och tidsåtgången för laddning av planteringsmaterial sänks avsevärt.

7.5 Behov av ytterligare studier

Storskaliga studier från fler år krävs för att ge en säkrare bild av plantbildning, överlevnad och tillväxt. Eventuellt kan de LandPuckar som ingått i 2013 års plantering haft varierande kvalitet, då vissa kan ha saknat mer frön än andra. Detta kan vara en anledning till den stora skillnaden mellan resultat i olika lokaler. För att kunna göra en bättre ekonomisk jämförelse av kostnaden för föryngring med LandPuck krävs utveckling av speciellt anpassade planteringsredskap och studier av dessa. Detta skulle ge en bild av den arbetsinsats som krävs, exempelvis hur många puckar en plantör hinner plantera per timma.

Snytbaggeangrepp är ett stort problem i vissa områden i Sverige. På drabbade områden kan upp till 80 procent av plantorna dö till följd av skadorna. Det är framförallt under de tre första åren efter en föryngringsavverkning som risken för angrepp är störst (Hellqvist, 2011). Små såddplantor lockar inte snytbaggarna och då plantorna är stora nog har baggarna oftast hunnit lämna hygget. Sådda plantor löper därför en lägre risk att drabbas av snytbaggeangrepp jämför med plantering (Hofsten & Weslien, 2001; Samuelsson 2003).

Högst troligt kan föryngring med LandPuck vara ett bra, miljövänligt och billigt alternativ till plantering med täckrotsplanter på områden med kraftiga snytbaggproblem. Det krävs dock studier på detta för att ge ett säkert resultat.

Enligt Skogsstyrelsen, Polytax P5/7, godkändes enbart cirka 75 arealandelar av de föryngringar som återbeskogats genom naturlig föryngring under mellan åren 2009-2011. Framförallt bland privata enskilda markägare observerades en mindre andel godkända föryngringar än övriga markägare. Skogsstyrelsen tror att detta delvis kan bero på att naturlig föryngring samt ”ingen föryngringsåtgärd” är vanligare bland privata markägare än övriga (Skogsstyrelsen, 2013). En kompletterande plantering av LandPuck skulle kunna vara aktuellt vid en naturlig föryngring, kanske främst i bestånd med beståndsföryngring redan vid avverkningen.

7.6 Slutsatser

- Antal grodda plantor från planterade LandPuck 2013 uppskattades i medel till 67 procent. Resultat varierade kraftigt mellan lokaler (från 53 till 83 procent) och substrat. Plantering i mineraljord tycktes ha en positiv påverkan på plantbildning jämfört med humus (72 respektive 62 procent). För fortsatta studier bör skillnad göras på rostjord och blekjord, vilket inte har gjorts i denna rapport.
- Planteringsdjupet har stor påverkan på föryngringens resultat. Ovandelen på LandPucken bör vid plantering vara på två till fyra centimeters djup och ej övertäckt av material.
- Jämfört med konventionell sådd resulterar plantering av LandPuck i plantor med tidig höjdtutveckling. Detta ökar den tidiga överlevnaden. Plantering med LandPuck är även ett mer frösnålt alternativ jämfört med konventionell sådd, vilket ökar möjligheten till att använda förädlad material. På sikt höjer användning av förädlade frön plantbildning, överlevnad och tillväxt ytterligare.
- Plantering med LandPuck är ett ekonomiskt bra alternativ till plantering med täckrotsplanter. Däremot ger plantering med LandPuck en tillväxtförlust på ca två år jämfört med täckrotsplanter.
- Det krävs storskaliga studier från flera år för att ge ett säkrare och mer generellt resultat från plantering av LandPuck.
- Idag finns ett behov av välutvecklade planteringsrör och studier kring faktiskt planteringskostnad.
- Vid fortsatta studier kring plantering med LandPuck vore det intressant att studera faktorer kring bland annat snytbaggangrepp, möjlighet för maskinell plantering, fröpredation och vilka faktorer som kan påverka olika resultat i plantbildning för olika lokaler.

8. Referenser

- Alfjorden, G. & Remröd, J.** (1975) New methodology for prediction of seed germinability of Scots pine and Norway spruce seed. Institutet för skogsförbättring. Nr 3.
- Almqvist, C.; Bergsten, U. Bondesson, L. Eriksson, U.** (1998) Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. Can. J. For Res 28:1530-1535.
- Bergsten, U.; Sahlén, K.** (2008). Skogsskötselserien nr 5. Sådd. Skogsstyrelsen.
- Almqvist, C.; Wennström, U.; Karlsson, B.** (2010) Tillgång och behov av förädlat frö samt förslag på åtgärder för att minimera brist och maximera genetisk vinst. Redogörelse, Förädlat skogsodlingsmaterial 2010-2050. Skogforsk nr 3, 2010. Gävle Offset AB, Gävle.
- Bergsten, U.; Sahlén, K.; Charlesworth, E.; Fredriksson, M.; Wilhelmsson, O.** (2001) Skogsföryngring av tall och gran från frö. Handbok i skogsföryngring. Första upplagan. Vindeln.
- Bergquist, J.; Eriksson, A.; Fries, C.** (2011) Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999-2009. Skogsstyrelsen. Rapport 1, 2011. ISSN 1100-0295
- Blom, G.** (1984) Statistikteori med tillämpningar. Studentlitteratur, Lund. 355 s.
- Bonan, G.B.** (1992) Soil temperature as an ecological factor in boreal forests. In: A systems analysis of the global boreal forest. S 126-143. Cambridge Univ. Press, U.K.
- Bostedt, G.** (2007) Naturresurs- och skogsekonomi, en introduktion. Institutionen för skogsekonomi. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå
- de Chantal, M.** (2003) The effects of site and soil properties on the establishment and early development of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* regenerated from seeds. Helsinki University, Department of Forestry Ecology, Dissertation. ISBN 952-10-0992-6.
- Erefur, C.** (2010) Regeneration in continuous cover forestry systems. Doctoral thesis. Nr 42. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. ISBN 978-91-576-7455-5
- Fries, C.; Bergqvist, J.; Svensson, L.** (2013) Förändringar i återväxtkvalitet, val av föryngringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012. Skogsstyrelsen, rapport nr. 2 ISSN 1100-0295
- Goulet, F.** (2000) Frost heaving of planted tree seedlings in the boreal forest of Northern Sweden. Lic avhandling. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå.
- Hadas, A.** (1970) Factors affecting seed germination under soil moisture stress. Israil J. Agr. Res. 20: 3-14.
- Hagner, M.; Sahlén, K.** (1977) Sådd i plastkon på markberedd mark. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 75(1): 59-89.
- Hagström, T.** (1980) Trattsådd i Humustäcke. Norra skogsinstitutet, Sveriges Lantbruksuniversitet. Bispgården. Specialarbeten 99-0256277-9 ; 1980:12
- Hallsby, G.** (2008) Nya tiders skog. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Andra upplagan. LRF Skogsägarna. Fälth & Hässler, Värnamo.

Hannerz, M. (1995). Skogssådd – Fröförsörjning och ekonomi. Skogforsk, Arbetsrapport 308, 16 s.

Hellqvist, C. (2011) Snytbaggen- biologi och aktuell forskning. SLU Institutionen för ekologi, Uppsala, Sweden
Tillgänglig på: <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/skador.php> (2014-02-17)

Hofsten, H.; Weslien, J. (2001) Föryngring av brända hyggen i Norrland med hänsyn till snytbagge - slutresultat. Arbetsrapport nr 483. Skogforsk. Uppsala Science Park

Hultén, H.; Sahlén, K. (1977) Skogsodlingsanalys. Biologiskt resultat. Hasselfors delprojekt. 6217216–8. Skogshögskolan, Stockholm.

Håkansson, M.; Larsson, M. (1998) Skogsbrukets ekonomi. LT:S förlag, Stockholm. S. 55-65.

Härjegård, M. (2008) En jämförelse av plantering, direktsådd och såddbrickett. Föryngringsresultat för tall och contorta efter en vegetationsperiod. Examensarbete, institutionen för skogens ekologi och skötsel. SLU, Umeå. Nr 21

Landström, A. (2012) LandPuck, a revolutionary system for forest regeneration. Informationsbroschyr. Lappland Design AB. Storuman.
Tillgänglig på: <http://www.lapplanddesign.se/forest/> (2013-09-30)

Lindström, G.; Rune, G. (1999) Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. Plant and soil 217: 29-37.

Mattsson, S.; Larson-Stern, M. (2009) Instruktion för återväxtkontroll. Skog och skogsvård. Sveaskog, vårt arbetssätt. Informationsbroschyr. 9 sidor.

Mattsson, S; Larsson-Stern, M. (2010) Instruktion för plantering. Sveaskog

Nilsson, M. E. (2001) Seed predator response to variations in pine seed size, abundance, and availability. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Ecology. Licentiate thesis, nr 1. Umeå.

Nystrand, O.; Fredriksson, M.; Bergsten, U. (2000). Skogssådd. Ett diskussionsunderlag till en kommande handbok i skogsförnyelse. Del 1. Sådd. Forest Care AB Tillgänglig på:
<http://www.silvaboreal.com/expert/S%C3%A5ddhandbok/s%C3%A5ddhandboktext.htm> (2014-02-18)

Oleskog, G. (2000) The effect of seedbed substrate on moisture contents, germination and seedling survival of Scots pine. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silverstria 99. Disertation.

Pamuk, G.S. (2004) Controlling water dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds before and during seedling emergence. Swedish University of Agricultural sciences. Departement of Silviculture. Umeå.

Rasmusson, B. (1978) En analys av såddens förutsättningar. Stencil, Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. p 28.

Remröd, J. (1971) Resultat från försök med såddplattor. Institutet för skogsförbättring. Skogsträdsförädling nr. 2 1970/71.

Safrani, E.; Lideskog, H. (2011) Konzeptutveckling för kostnadseffektiv och tidseffektiv mekanisk skogsplantering. Institutionen för teknikvetenskap och matematik/Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle. Examensarbete. Luleå tekniska universitet.

Samuelsson, H. (2003) 6 sätt att klara plantan utan gift. Föryngringsspecial. Skogseko nr 1, s 14-15.

Schkamm, JR. (1958) The mechanism of frost heaving of tree seedlings. Am. Philos. Soc. Proc. 102 (4):333-350.

Sjögren, P. (2011). Så får vi skogen att växa snabbare. Forum Sveaskog. nr 2:2011

Skogsstyrelsen (2013) Skogsstyrelsen årsredovisning 2012.

Sundin, C. (2009) Sådd av tallfrön med vattenryggsäck: en laboratiestudie. Examensarbete i skogshushållning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Nr 11

Sveaskog. Nu testas puckplantering i stor skala. Nyheter och pressmeddelanden, Sveaskog. Publicerad 2013-06-25.

Sveaskog Stab (2013) Årsredovisning 2012 med Hållbarhetsredovisning. Sveaskog AB, Stockholm.

Wennström, U.; Bergsten, U.; Nilsson, J-E. (1999) Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. New Forests 18: 179-198.

Wennström, U. (2001) Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Silvestria 204. Umeå.

Wennström, U.; Bergsten, U.; Nilsson, J-E. (2007) Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin and seeding year. Silva Fennica 41(2): 299-314.

Wennström, U.; Johansson, K.; Lindström, A.; Statin, E. (2008) Skogsskötsleserien nr 2. Produktion av frö och plantor. Skogsstyrelsen.

Wennström, U. Skogforsk. (2010) Nedsläpp för såddpucken. Skogforsk, U-konfen 2010. Tillgänglig på: <http://www.skogforsk.se/sv/Utbildning--event/Gamla-kurser/Ukonf10/Sms-fragor-och-svar/> (2013-05-03)

Wennström, U. (2011) Såddpucken -snart i mål? Plantaktuellt nr 2 2011.

Winsa, H. & Bergsten, U. (1994) Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. Can. J. For. Res. 24: 77-86.

Winsa, H. (1995). Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* L. after seedling. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Umeå.

Winsa, H.; Sahlén, K. (2001) Effects of seed invigoration and microsite preparation on seedling emergence and establishment after direct sowing of *Pinus sylvestris* L. at different dates. Scand. J. For. Res. 16: 422-428.

Muntlig referens

Landström, A. (2013) Personligt meddelande. Anders Landström. Lappland Design AB. 2013-04-10

Mattsson, S. (2013) Personligt meddelande. Stefan Mattsson. Skogsskötselexpert Sveaskog. 2013-04-10 samt 2013-12-12

Prescher, E (2014) Personligt meddelande. Elisabeth Prescher. Svenska Skogsplantor. 2014-03-21

Wennström, U. (2014) Personligt meddelande. Ulfstand Wennström. Skogforsk. 2014-01-15

9. Bilaga 1. Beskrivning av ingående lokaler på Sveaskogs marker

Namn och obj. id	Område	Koordinat	Avverkning utförd	Markberedning	MB år	MB svårighet	Markfukt.	SI	Substrat	Textur
Lamavaara, 10 844847529 2	Norra Norrbotten	7 529 221- 844740	2010	Intermittent, Huminmix	2012	Lätt	Frisk	T18S	Morän	Medel
Kavsujuarvi, 9 817377524 3	Norra Norrbotten	7 524 256- 817 368	2011	Intermittent, Huminmix	2012	Normal	Frisk	T16S	Morän	Medel
Risliden, 8 742897323 5	Södra Norrbotten	7 323 171- 742 865	2010	Harv, normalt djup	2012	Svår	Frisk	T16H	Morän	Fin
Nattberget, 7 744207294 4	Södra Norrbotten	7 294 508- 744 355	2011	Intermittent, Högläggning	2012	Normal	Frisk	T18H	Morän	Medel
Toskberget, 5 5201001	Västerbotten	7 190 967- 636 503	2009	Harv, normalt djup	2011	Normal	Frisk	T17H	Morän	Medel
V. Stenträsk, 6 5231860	Västerbotten	7 176 848- 645 416	2010	Harv, normalt djup	2012	Normal	Frisk	T18S	Morän	Medel
Frisbovägen, 4 4191230	V Västerbotten	7 147 768- 672 188	2010	Harv, normalt djup	2012	Normal	Frisk	T19H	Morän	Medel
Kvarnberget, 3 5231870	Västerbotten	7 176 255- 644 326	2007	Harv, normalt djup	2012	Normal	Frisk	T18H	Morän	Medel
Bastujäm-liden, 2 5160249	Västerbotten	7 189 196- 656 202	2010	Harv, normalt djup	2012	Normal	Frisk	T17H	Morän	Medel
Metjaur, 1 5160230	Västerbotten	7 190 264- 656 865	2010	Sådd/harv	2012	Ingen uppg.	Frisk	T20S	Morän	Medel

10. Bilaga 2. Frömaterial vid plantering av LandPuck 2013

Frö från tall (*Pinus sylvestris*) har använts med val av proveniens anpassad till respektive planteringsområde. För plantering av djupförsöket på Toskberget användes samma frömaterial och parti LandPuck som övriga Västerbotten.

Resultatområde	Frömaterial		Grobarhet	Grobarhetsenergi	Tusenkor­nsvikt
Norra Norrbotten (9, 10)	09L006- 4001	Alvik T2 IDS. beh.	99,00	96,46	7,04
Södra Norrbotten (7, 8)	07L009- 4002	Alvik T2 IDS. beh.	98,50	94,92	6,68
Västerbotten (5, 6)	07L004- 2001	Moliden PV-Y	99,25	98,48	6,81

(Elisabeth Prescher pers medd)

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2014:1 Författare: Matilda Olofsson
Utomhuspedagogik i skogen för barn. Skötsel och informationsförslag för Stadsliden, en stadsskog i Umeå
- 2014:2 Författare: Li Videkull
Tree species traits response to different canopy cover for 34 tree species in an enrichment planted tropical secondary rain forest in Sabah, Malaysia
- 2014:3 Författare: Helena Lindén
Förvaltning och skogsskötsel av ett tätortsnära naturreservat. – En fallstudie om Lugnets naturreservat i Falun
- 2014:4 Författare: Matilda Johansson
Askåterföring på skogsmark – en metaanalys om påverkan på ytvattnets syra-baskemi
- 2014:5 Författare: Sven Gustafsson
Gynnar stora hyggen ortolansparven? Resultat från en inventering i Västerbotten 2013
- 2014:6 Författare: Björn Karlsson
Bergsbrukets början, samt dess och jordbrukets påverkan på vegetationen uti Garpenbergs socken i sydöstra Dalarna
- 2014:7 Författare: Martin Karlsson
Jordbrukets och järnframställningens påverkan på skogsutvecklingen vid Eskilshult, en by med medeltida anor. – En studie baserad på pollenanalys
- 2014:8 Författare: Ragna Lestander
En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi
- 2014:9 Författare: Sara Svanlund
Carbon sequestration in the pastoral area of Chepareria, wesern Kenya – A comparison between open-grazing, fenced pastures and maize cultivations
- 2014:10 Författare: Erik Risby
Beräkning av areal och stående timmervolym i skyddszoner skapade från DTW-index
- 2014:11 Författare: Erik Olsson
Jämförelse av prognostiserad och observerad beståndstillväxt 5 år efter första gallring enligt Bergvik Skogs skötselprogram
- 2014:12 Författare: Ronja Jägbrant
Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till beståndsålder i södra Norrland
- 2014:13 Författare: Maja Johansson
De närboendes besöksvanor och attityder till naturområdet Stadsliden i centrala Umeå. En kvantitativ enkätstudie med kompletterande kvalitativa intervjuer
- 2014:14 Författare: Caroline Haglund
Lövskogsmålen i FSC-certifierat skogsbruk – tolkning, uppföljning och skötseldirektiv